

Memoria de Ejecución del Proyecto

**AYUDAS DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA A
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
CURSO 2012/2013**

Título del proyecto:

**Elaboración de material docente para la
enseñanza de la Radiación y Propagación
Electromagnéticas en la Física de las
Comunicaciones**

Código del proyecto: iD2012/135

Coordinador del proyecto:

Marcelino Zazo Rodríguez

Facultad de Ciencias
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ÍNDICE

I.- Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto	1
II.- Introducción	1
III.- Cumplimiento de objetivos	3
IV.- Memoria económica	4
V.-Anexos:	
Anexo I.- Ejemplo de presentación de una clase magistral.....	5
Anexo II.- Ejemplo de problemas planteados al alumno para realizar en los seminarios de la asignatura	7
Anexo III.- Ejemplo de tareas individuales para el alumno y que entregará al profesor para su revisión	8
Anexo IV.- Ejemplo de presentación teórica introductoria a las prácticas de laboratorio y del aula de informática.....	9
Anexo V.- Fotografías de experiencias de laboratorio.....	11
Anexo VI.- Ejemplo de guion de práctica de una experiencia.....	12
Anexo VII.- Asignatura en la plataforma Studium.....	15

I. Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto

José Ignacio Iñiguez de la Torre

Víctor Javier Raposo Funcia

Luis Torres Rincón

Marcelino Zazo Rodríguez

II. Introducción

El presente documento presenta la Memoria de Ejecución del Proyecto titulado “Elaboración de material docente para la enseñanza de la Radiación y Propagación Electromagnéticas en la Física de las Comunicaciones”, concedido dentro de la convocatoria de Ayudas de la Universidad de Salamanca a Proyectos de Innovación y Mejora Docente del curso 2012/2013.

Hay que indicar que en las titulaciones de Grado es necesario considerar una nueva filosofía de trabajo, donde en la programación de las asignaturas tienen que incorporarse prácticas, problemas, lecturas recomendadas, acceso a páginas webs, tareas individualizadas..., para que el alumno pueda desarrollar de una forma eficaz su proceso de aprendizaje. Resulta conveniente programar todas las actividades a desarrollar a fin de hacer una propuesta realista y compatible con una programación que permita la consecución de las competencias previstas en el Plan de Estudios.

El objetivo principal de este proyecto es elaborar los recursos de aprendizaje y autoaprendizaje que el alumno necesita para conocer en detalle la física de la radiación y propagación electromagnéticas guiada o en medio libre y las principales aplicaciones de los sistemas guiados en la Física de las Comunicaciones. Dichos recursos se emplean en la docencia para las asignaturas de Ondas Electromagnética Guiadas y Radiación y Propagación Electromagnéticas, asignaturas optativas fundamentales de cuarto curso del Grado de Física en el perfil de la Física de Comunicaciones. El planteamiento de dichas asignaturas se ha realizado desde un punto de vista teórico-práctico, donde a parte de los conocimientos teóricos aportados y adquiridos por los alumnos, se realizarán una serie de problemas y experiencias que le permitan conocer los sistemas utilizados en telecomunicaciones.

Los objetivos de este proyecto de innovación y mejora docente han sido la preparación del material didáctico más adecuado, que permita al alumno el estudio de las asignaturas indicadas anteriormente de la manera más efectiva posible. Una parte importante de la docencia es de carácter experimental y, por ello, se ha tratado de elaborar un conjunto de experiencias para que el alumno se familiarice y adquiera habilidad y destreza en el manejo de algunos equipos prácticos, que son la base de los sistemas de telecomunicaciones actuales.

Hay que indicar que el material necesario para realizar las prácticas se ha conseguido por las siguientes vías:

- Financiación del presente proyecto: ha permitido adquirir un generador de señales hasta 15 MHz.
- Uso del equipamiento e infraestructura existente en el laboratorio del área de Electromagnetismo de la Facultad de Física.

III. Cumplimiento de objetivos

El objetivo fundamental del presente proyecto era que el alumno conozca en detalle la física de la radiación y propagación electromagnéticas guiada o en medio libre y las principales aplicaciones de los sistemas guiados en el mundo de las telecomunicaciones. Para ello en cada una de las asignaturas objeto del proyecto se ha preparado el material didáctico más conveniente, teniendo en cuenta que dichas asignaturas son complementarias (la mayoría de los alumnos matriculados coincidían en ambas) y ha existido una comunicación continua y fluida entre los profesores que las han impartido. Se han elaborado presentaciones, listado de problemas, ejercicios, experiencias, guiones de prácticas y se propusieron un conjunto de tareas o trabajos, todo ello para que los estudiantes adquieran las competencias y resultados de aprendizaje más adecuados.

En todos los casos el material ha sido accesible a los estudiantes en la plataforma moodle o Studium (anexo VII) de la Universidad de Salamanca, accediendo a la correspondiente asignatura. Se incluyen algunos ejemplos en los anexos de la memoria.

A continuación se indica el material didáctico elaborado por los miembros del proyecto

- Presentaciones que han permitido preparar las clases magistrales, donde el profesor ha explicado los contenidos propios de la materia (anexo I).
- Colección de problemas para exponer y discutir en los seminarios (anexo II).
- Colección de tareas para realizar el alumno (anexo III).
- Se han diseñado distintas experiencias para realizar en el laboratorio y en el aula informática y se ha preparado el siguiente material didáctico:

Presentación teórica introductoria a las prácticas de laboratorio y del aula de informática (anexo IV)

Guiones de práctica para realizar las experiencias (anexo VI)

IV.- Memoria económica

En el proyecto de innovación y mejora de docente presentado se solicitaban 300 € para comprar material un generador de señales hasta 20 MHz. La cantidad concedida fue de 300 €, que nos ha permitido adquirir uno con un rango de frecuencia inferior (alcanza hasta los 15 MHz), que con el equipamiento e infraestructura existente en el laboratorio del área de Electromagnetismo de la Facultad de Ciencias, hemos diseñado y preparado alguna de las experiencias del laboratorio.

EJEMPLO DE PRESENTACIÓN DE UNA CLASE MAGISTRAL

Microsoft PowerPoint interface showing a presentation titled "Ejemplo transparencias RyPEM [Solo lectura] [Modo de compatibilidad]". The presentation is in "Modo de compatibilidad" (Compatibility Mode).

The slide shown is titled "Radiación y propagación Electromagnética" and "4.2.1 Reflexión en tierra plana".

The text on the slide states: "La presencia de la tierra produce reflexiones al incidir sobre ella una onda electromagnética. Una hipótesis simplificadora es considerar que la reflexión se produce sobre una superficie plana y lisa. En este caso la reflexión puede tratarse como un problema de reflexión especular. La tierra es un medio dieléctrico con pérdidas cuyas constantes dieléctricas varían en función del tipo de suelo, el grado de humedad del mismo y la frecuencia. En la tabla se muestra el valor de la permitividad relativa y de la conductividad para diferentes tipos de suelo a dos frecuencias distintas, en bandas típicas de radiocomunicaciones (MF y UHF)."

TERRENO	1 MHz			1 GHz		
	ϵ'	σ (S/m)	ϵ''	ϵ'	σ (S/m)	ϵ''
Agua salada, 20° C	70	5	$9 \cdot 10^4$	70	5	90
Suelo húmedo	30	10^{-2}	180	30	$5 \cdot 10^{-2}$	0,9
Agua dulce, 20° C	80	$2 \cdot 10^{-3}$	36	80	$5 \cdot 10^{-2}$	0,9
Suelo moderadamente seco	15	10^{-3}	18	15	$3 \cdot 10^{-2}$	0,5
Suelo muy seco	3	10^{-4}	1,8	3	$5 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-4}$
Agua pura, 20° C	80	$< 10^{-5}$	$< 0,2$	80	10^{-1}	3,6
Hielo, -1° C	3	$3 \cdot 10^{-5}$	0,5	3	$7 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$

The slide footer indicates "Tema 4. Radiopropagación" and "1".

The next slide shown is titled "Radiación y propagación Electromagnética" and contains the text: "Es de destacar la influencia de la humedad del suelo en el valor de las constantes dieléctricas, así como una mayor dependencia de la conductividad en función de la frecuencia. Por otra parte, un determinado tipo de terreno se comportará como un buen conductor cuando:"

$$\epsilon'' = \sigma / \omega \epsilon_0 \gg \epsilon'$$

condición doblemente dependiente de la frecuencia ya que la conductividad también depende de ella.

The slide footer indicates "Tema 4. Radiopropagación" and "2".

Ejemplo transparencias RyPEM [Solo lectura] [Modo de compatibilidad] - Microsoft PowerPoint

Archivo Inicio Insertar Diseño Transiciones Animaciones Presentación con diapositivas Revisar Vista Acrobat

Portapapeles Diapositivas Fuente Párrafo Alinear a la diapositiva Alinear objetos seleccionados

Radiación y propagación Electromagnética

Al incidir una onda plana sobre un dieléctrico se genera una onda transmitida al medio dieléctrico y una onda reflejada. Atendiendo a la figura se pueden distinguir dos situaciones en función de la polarización de la onda incidente: horizontal o campo eléctrico paralelo a la superficie de separación entre dieléctricos, y polarización vertical con el vector de campo eléctrico contenido en el plano formado por la dirección de incidencia y la normal a la superficie de separación. Nótese que en este último caso la polarización de la onda incidente no es realmente vertical, salvo si la incidencia de la onda es rasante.

Tema 4. Radiopropagación

Diapositiva 3 de 4 "Diseño predeterminado"

Ejemplo transparencias RyPEM [Solo lectura] [Modo de compatibilidad] - Microsoft PowerPoint

Archivo Inicio Insertar Diseño Transiciones Animaciones Presentación con diapositivas Revisar Vista Acrobat

Portapapeles Diapositivas Fuente Párrafo Alinear a la diapositiva Alinear objetos seleccionados

Radiación y propagación Electromagnética

Las relaciones de continuidad de las componentes tangenciales del campo eléctrico y del magnético permiten obtener el coeficiente de reflexión para ambas situaciones.

$$\left(\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right)_{\perp} = \frac{\frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_i - \frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_t}{\frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_i + \frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_t}$$

$$\left(\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right)_{\parallel} = \frac{\frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_i - \frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_t}{\frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_i + \frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_t}$$

$$\left(\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right)_{\perp} = \frac{2 \frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_i}{\frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_i + \frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_t}$$

$$\left(\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right)_{\parallel} = \frac{2 \frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_i}{\frac{n_2}{\mu_{r2}} \cos \theta_i + \frac{n_1}{\mu_{r1}} \cos \theta_t}$$

Generalmente las permeabilidades relativas serán 1, así como el índice de refracción del medio 1, siendo el del medio 2:

$$n_2 = \sqrt{\epsilon' - j \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}}$$

Tema 4. Radiopropagación

Diapositiva 4 de 4 "Diseño predeterminado"

Anexo II

EJEMPLO DE PROBLEMAS PLANTEADOS AL ALUMNO PARA REALIZAR EN LOS SEMINARIOS DE LA ASIGNATURA

Ondas Electromagnéticas Guiadas (Grado en Física) Tema 3

1) Supongamos una guía rectangular de dimensiones $a = 2.285$ cm y $b = 1.016$ cm (banda X).

a) Calcular las frecuencias de corte para el modo fundamental y los dos superiores suponiendo que el medio es el vacío.

Se llena la guía con un dieléctrico sin pérdidas de permitividad dieléctrica relativa $\epsilon_r = 2.6$:

b) Determinar las frecuencias de corte para los tres primeros modos de propagación en el sistema.

c) A una frecuencia de 8 GHz, calcular la longitud de onda en la guía, la razón de onda estacionaria y la posición del mínimo más próximo a la carga suponiendo que fuese un cortocircuito.

2) En una guía rectangular vacía de dimensiones $a \times b$ ($a > b$) operando a una determinada frecuencia f se propaga únicamente el modo fundamental. Para dicha frecuencia la distancia entre dos mínimos consecutivos es de 6.17 cm y la velocidad de fase del modo es de $86.38 \cdot 10^9$ cm/s. Trabajando a la misma frecuencia se llena la guía con un dieléctrico sin pérdidas de permitividad relativa ϵ_r . Calcular el valor de ϵ_r considerando que ahora la distancia entre mínimos consecutivos es de 2.66 cm y a dicha frecuencia únicamente tenemos el modo fundamental. Obtener toda la información posible sobre las dimensiones de la guía.

3) Una guía rectangular sin pérdidas terminada en un cortocircuito tiene un dieléctrico sin pérdidas adosado a éste que llena transversalmente la guía. El primer mínimo en el dieléctrico está a 1.65 cm del cortocircuito y la distancia entre mínimos en el aire es de 2.4 cm. Si se opera a la frecuencia de 9 GHz, calcular la permitividad relativa del dieléctrico y obtener toda la información posible sobre las dimensiones de la guía suponiendo que se propaga el modo fundamental.

4) Supongamos una guía rectangular llena de aire con dimensiones $a = 3.485$ cm y $b = 1.580$ cm operando a una frecuencia de 6 GHz. Si el campo de ruptura para el aire seco a temperatura ambiente es de 3 MV/m, determinar la potencia máxima posible en la guía y la atenuación para esa frecuencia suponiendo que las paredes son de aluminio ($\sigma = 3.77 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$).

5) Supongamos una guía circular de 2 cm de radio llena con un dieléctrico sin pérdidas de permitividad dieléctrica relativa $\epsilon_r = 2.6$, que opera a una frecuencia de 3.2 GHz. Determinar la frecuencia de corte, la longitud de onda en la guía, la impedancia de onda y la velocidad de fase y grupo del modo fundamental.

Anexo III

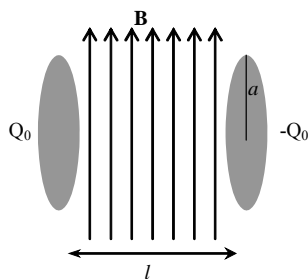
EJEMPLO DE TAREAS INDIVIDUALES PARA EL ALUMNO Y QUE ENTREGARÁ AL PROFESOR PARA SU REVISIÓN

Tareas a entregar

Tema 1.- Analizar el teorema de Poynting en los siguientes casos (despreciar efectos de bordes):

a) Sea un condensador plano con carga Q_0 formado por dos placas circulares de radio a y separación l en el vacío como se indica en la figura. El condensador está dentro de una región con una inducción magnética \mathbf{B} uniforme e independiente del tiempo como se indica en la figura.

b) Eliminamos el campo \mathbf{B} y suponemos que la carga de las placas varía de la forma $Q(t) = Q_0 \cos(\omega t)$. Considerar la frecuencia suficientemente baja (lentamente variable).



Tema 2.- Supongamos una línea de transmisión sin pérdidas caracterizada por una capacidad de 100pF/m y una autoinducción de 250 nH/m. La línea es de 400 m de longitud y termina en una impedancia de 150 Ω . Se alimenta mediante un fuente real con una impedancia interna de 25 Ω que suministra un pulso de 1 μ s y 7,5 V. Analizar que ocurre en la línea durante un tiempo de 8 μ s, representando el voltaje y la corriente en la entrada y al final de la línea en función del tiempo. Realizar el análisis de forma analítica y por simulación utilizando el PSPICE.

Tema 3.- Supongamos una guía de ondas rectangular sin pérdidas de dimensiones $a = 2.285$ cm y $b = 1.016$ cm. La longitud de la guía es de 20 cm y está terminada en un cortocircuito. Calcular la frecuencia de corte del modo fundamental y del siguiente. A una frecuencia de 8 GHz, determinar la longitud de onda en la guía, la velocidad de fase y la de grupo, la R.O.E., la posición del mínimo más próximo a la carga y la impedancia en la entrada de la guía.

Anexo IV

EJEMPLO DE PRESENTACIÓN TEÓRICA INTRODUCTORIA A LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO Y DEL AULA DE INFORMÁTICA

Práctica de laboratorio: Radar Doppler

Radar Doppler

Describamos las ecuaciones que rigen el comportamiento de un radar Doppler para aplicarlo al cálculo de la velocidad de un objeto móvil mediante un sistema de microondas.

Corrimiento de frecuencia Doppler

Sea c la velocidad de propagación y v la del emisor o receptor. Veamos los casos no relativista y relativista.

1.- Doppler no relativista. Se distinguen dos casos:
Receptor en reposo, emisor se acerca/aleja:

$$f' = \frac{f}{1 - v/c} \quad f' = \frac{f}{1 + v/c}$$

2.- Doppler relativista. Obviamente sólo hay un caso, no se puede distinguir si se mueve el emisor o el receptor.

$$f' = f \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}} \quad f' = f \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}}$$

Alejamiento Acercamiento

Radar Doppler 1

3.- Doppler relativista cuando emisor y receptor coinciden. Señal reflejada en objeto que se aleja/acerca (velocimetría Doppler por batidos).

$$f' = f \frac{1 - v/c}{1 + v/c} \quad f' = f \frac{1 + v/c}{1 - v/c}$$

Alejamiento Acercamiento

4.- Para $v \ll c$ las expresiones relativistas y no relativistas prácticamente coinciden. Las expresiones a usar en la práctica que vamos a hacer son:

$$f' = f \frac{1 - v/c}{1 + v/c} \approx f(1 - v/c)^2 \approx f(1 - 2v/c) \quad \text{Alejamiento}$$
$$f' = f \frac{1 + v/c}{1 - v/c} \approx f(1 + v/c)^2 \approx f(1 + 2v/c) \quad \text{Acercamiento}$$

Por lo que el corrimiento Doppler será aproximadamente

$$f_D = f' - f \approx \pm 2fv/c$$

y la velocidad buscada

$$v \approx \pm \frac{c}{2f} f_D$$

Radar Doppler 2

Práctica de simulación: líneas de transmisión

4_Presentación líneas de transmisión PSPICE [Modo de compatibilidad] - Microsoft PowerPoint

Archivo Inicio Insertar Diseño Transiciones Animaciones Presentación con diapositivas Revisar Vista Acrobat

Portapapeles Diapositivas Fuente Párrafo Alinear a la diapositiva Alinear objetos seleccionados

1 **Estudio de una línea de transmisión sin pérdidas**

Radiaciones no ionizantes (microondas)

- Alimentación armónica
- Estudio de la dependencia con la impedancia de carga
- Visualización de la onda estacionaria
- Propagación de pulsos

PRÁCTICAS DE PSPICE 1

Diapositiva 1 de 41 "Diseño predeterminado"

4_Presentación líneas de transmisión PSPICE [Modo de compatibilidad] - Microsoft PowerPoint

Archivo Inicio Insertar Diseño Transiciones Animaciones Presentación con diapositivas Revisar Vista Acrobat

Portapapeles Diapositivas Fuente Párrafo Alinear a la diapositiva Alinear objetos seleccionados

2 **Resistencias variables: R_var**

Radiaciones no ionizantes (microondas)

→ Resistencias: R

R1 1k

→ Resistencias variables: R_var

R1 1k

Parámetros a configurar: VALUE (Resistencia con el cursor al fondo)
SET (Posición del cursor del potenciómetro)

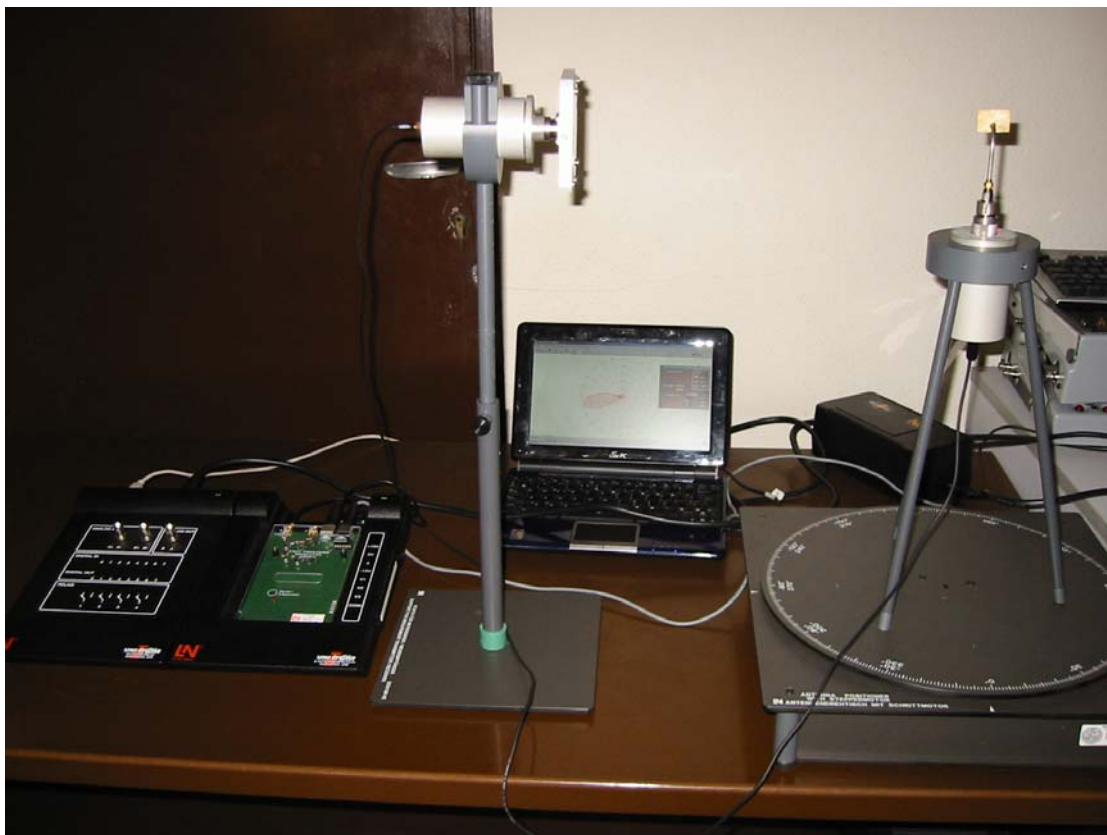
PRÁCTICAS DE PSPICE 2

Diapositiva 2 de 41 "Diseño predeterminado"

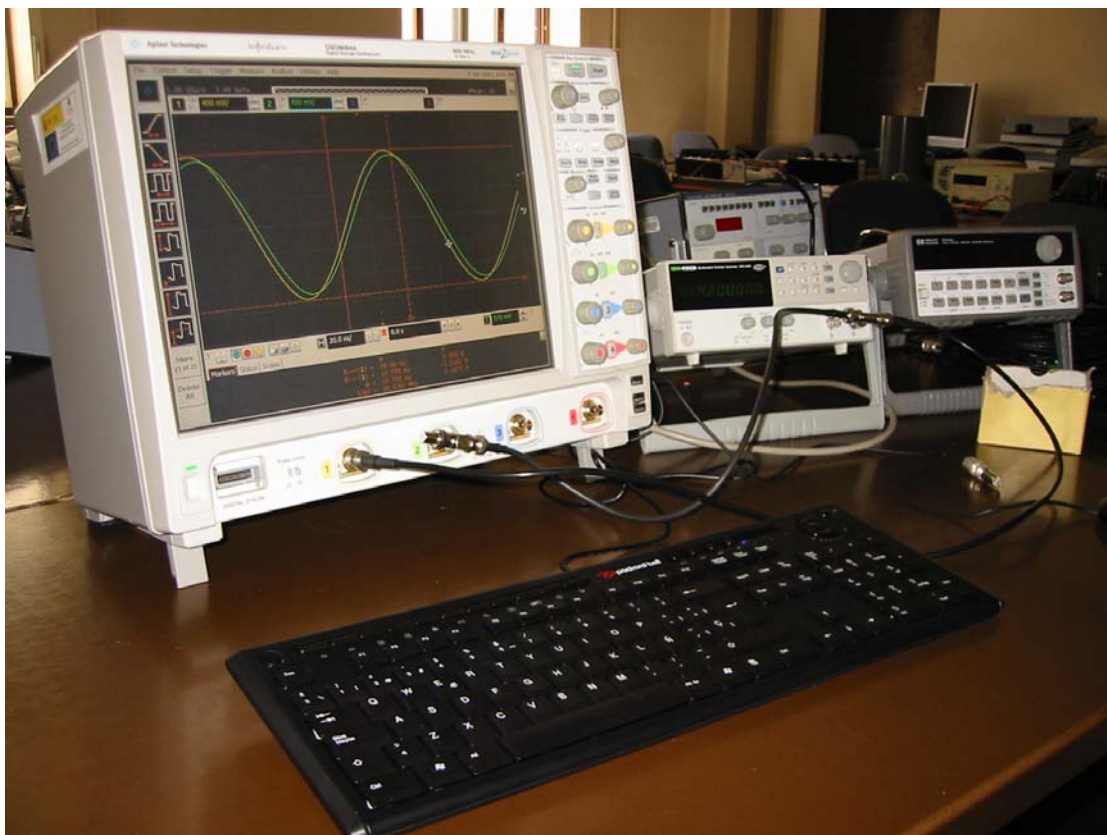
Anexo V

FOTOGRAFÍAS DE EXPERIENCIAS DE LABORATORIO

Diagrama de radiación de una antena



Estudio de una línea de transmisión



Anexo VI

EJEMPLO DE GUIÓN DE PRÁCTICA DE UNA EXPERIENCIA

Diagrama de radiación de una antena de bocina.

Montaje experimental:

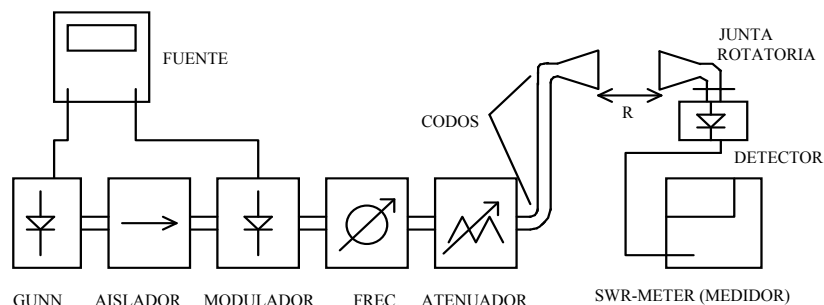


Fig. 1

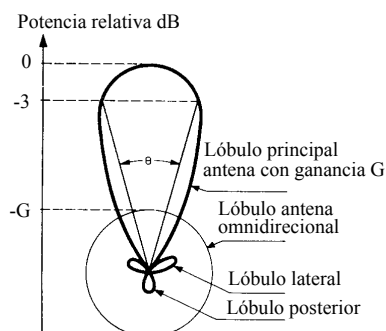


Fig. 2

Para estar seguros de hallarnos en la zona de radiación, la distancia R entre las antenas debe ser $R \geq 2D^2/\lambda_0$, donde D es la dimensión del lado más grande de la abertura de la antena (78 mm) y λ_0 la longitud de onda en el medio libre a la frecuencia de operación.

Realización práctica

En esta experiencia se trata de calcular el diagrama polar de radiación de la antena transmisora mediante una antena receptora de las mismas características y calcular su ganancia.

Comenzaremos midiendo la frecuencia de operación, que se selecciona con el control del diodo Gunn. Recuérdese que nunca se podrán exceder los -8V en la alimentación del diodo Gunn. Situaremos la frecuencia en 9.5 GHz aproximadamente y la mediremos a través de la cavidad resonante. Para ello conectaremos el SWR-Meter a la salida de la cavidad resonante, y operando sobre ella buscaremos el máximo de señal en el medidor. Apuntaremos la frecuencia de operación. Una vez hecha la medida conectaremos el medidor en el diodo de la antena detectora y sacaremos la cavidad de la frecuencia de resonancia.

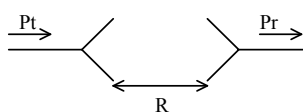
Medida del diagrama de radiación

A continuación, utilizando la escala en decibelios y normalizando a cero el máximo de señal recibida (cuando las dos antenas están enfrentadas a través del mando de ganancia y de las atenuaciones si fuese necesario), medir la indicación en dB para intervalos de 10° a derecha e izquierda de movimiento de la antena receptora. Dibujar el diagrama polar y determinar el ancho de 3 dB (ángulo que existe entre las direcciones para las cuales la potencia se reduce a la mitad, en el lóbulo principal).

Determinación de la ganancia de la antena

En lo que respecta a la ganancia, ésta se define como la relación entre la densidad de potencia radiada por la antena según las direcciones θ y ϕ y la densidad de potencia que radiaría la antena isótropa, sin pérdidas, alimentada con la misma potencia de entrada.

A efectos de cálculo de este parámetro, la relación de potencias recibida y transmitida por las antenas respectivas es:

$$P_r/P_t = (A_{er} A_{et}) / (R^2 \lambda_0^2)$$


Kraus, "Electromagnetismo" cap. 14, donde A_{er} y A_{et} son las aberturas eficaces de las antenas receptora y transmisora, respectivamente.

Teniendo en cuenta que la ganancia G cumple que $G = (4\pi/\lambda_0^2) A_e$ (aplicable en general a aberturas grandes con iluminación uniforme), se puede poner:

$$P_r/P_t = G^2 \lambda_0^2 / (4\pi R)^2 \quad \text{de donde} \quad G = (4\pi R/\lambda_0) (P_r/P_t)^{1/2}$$

Expresar el valor de G en dB.

Los parámetros R y λ_0 se determinan fácilmente, y para calcular P_r/P_t tenemos el procedimiento siguiente:

1.- Cuando las antenas están alineadas, es decir, obteniendo el máximo del lóbulo principal, se adjudica a esta situación el valor de 0 dB (fondo de escala) en el medidor, utilizando para ello el mando variable de ganancia y la atenuación en la guía si fuese preciso. Tomar nota del alcance (escala) del medidor y de la atenuación.

2.- Simulación de la antena isótropa: Sustituir la antena transmisora por el diodo detector y, en el medidor, determinar el valor de la potencia en dB. Habrá que cambiar de escala, lógicamente, pero no deben tocarse ni el mando variable de ganancia ni la atenuación de la guía.

La diferencia en decibelios entre las situaciones 1 y 2 es la relación P_t/P_r en dB.

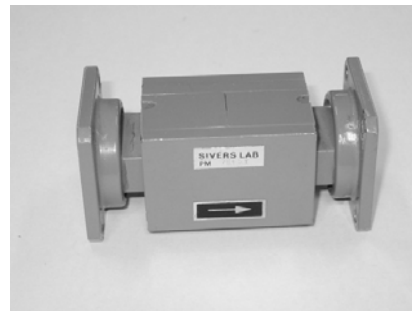
Para aclararlo un poco más: supongamos que la situación de 0 dB en 1 se consigue en el alcance de 50 dB y que cuando realizamos el apartado 2 ha sido necesario pasar al alcance de 30 dB y la aguja en este caso indica 5 dB. La diferencia a la que aludimos será:

$$50 - (30 + 5) = 15 \text{ dB} = 10 \log(P_t/P_r)$$

Repetir las medidas para las frecuencias de 9.5 y 10 GHz.



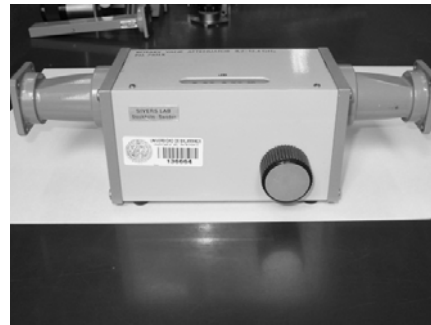
Diodo Gunn



Aislador de Ferrita



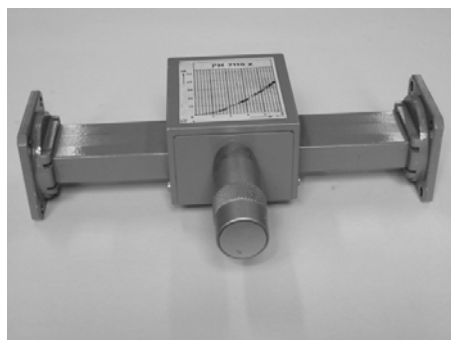
Medidor de frecuencia



Atenuador Rotatorio



Diodo modulador



Atenuador variable



Fuente de alimentación



Diodo detector



Medidor de SWR

Anexo VII

ASIGNATURA EN LA PLATAFORMA STUDIUM

The screenshot shows a Moodle course page for 'Radiación y propagación electromagnética' (Electromagnetic Radiation and Propagation) for the year 2012-2013. The course is managed by Victor Javier Pappeo Ponce. The main content area displays a 'Diagrama de temas' (Topic Diagram) with 10 topics. The left sidebar contains navigation links for 'Personas', 'Actividades', 'Reservar en los temas', and 'Administración'. The right sidebar shows 'Notificaciones' (Notifications) and 'Eventos próximos' (Upcoming Events).

Diagrama de temas

- Tema 1. Radiación Electromagnética**
Introducción. Campos de una fuente localizada oscilante. Desarrollo multipolar de la radiación electromagnética. Aproximación de Fraunhofer.
Bibliografía específica: Jackson, J. D. *Classical Electrodynamics* - John Wiley & Sons
Transparencias Tema 1
- Tema 2. Fundamentos de Antenas**
Conceptos básicos y parámetros característicos. Estudio de algunos tipos de antenas: antena lineal dipolo, antena de lazo o de cuadro, dipolo doblado. Efectos de la tierra. Antenas cargadas. Otros tipos de antenas.
Bibliografía específica: Antenas: A. Ginebra Arce, L. John Rios, J. M. Rios Gaxiola, J. Reneu Robert, S. Benoit Bous, M. Fernando Escalier. *Ediciones UPC*
Antenas: John D. Kraus, *Antennas*
Electromagnetic Theory, J. A. Dronov, *McGraw-Hill*
Electromagnetism, M. Rodriguez Vidal. *Unidades didácticas UNED*
Transparencias Tema 2 - Parte 1
Transparencias Tema 2 - Parte 2
- Tema 3. Agrupaciones de antenas**
Agrupaciones de antenas. Factor de agrupación. Agrupación lineal con alimentación uniforme. Agrupación regular de antenas lineales.
Bibliografía específica: Electromagnetic Theory, J. A. Dronov, *McGraw-Hill*
Electromagnetism, M. Rodriguez Vidal. *Unidades didácticas UNED*
Transparencias Tema 3
- Tema 4. Radiopropagación**
Propagación en el entorno libre y terrestre. Efectos de la tierra. Efectos de la troposfera. Efectos de la ionosfera.
Bibliografía específica: Antenas: A. Ginebra Arce, L. John Rios, J. M. Rios Gaxiola, J. Reneu Robert, S. Benoit Bous, M. Fernando Escalier. *Ediciones UPC*
Transparencias Tema 4
- Tema 5. Scattering de ondas planas**
Planteamiento del problema. Expansión de una onda plana en ondas esféricas. Difusión de una onda plana: sección eficaz. Scattering producido por una esfera conductora: aproximación de ondas largas y aproximación de ondas cortas.
Transparencias Tema 5
- Tema 6. Radiowaves y radiopropagación**
Radiowaves. Radiopropagación.
- Quizzes de actividades**
Radio Driller
Diagrama de radiación de una antena de bocina
-
-
-
-

Unidad se ha autenticado como VICTOR JAVIER PAPPEO PONCE (360)
Moodle Drive para esta página